



CONAMA10
CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

COMUNICACIÓN TÉCNICA

Estudio de viabilidad para fabricación de combustible sólido recuperado de residuos urbanos procedentes de plantas de tratamiento mecánico-biológico

Autor: Andrés Alonso

Institución: Ayuntamiento de Vitoria - Gasteiz

e-mail: avelasco@vitoria-gasteiz.org

Otros Autores: Joseba Sánchez (Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz)

RESUMEN

El Plan Integral de Gestión de Residuos Urbanos de Vitoria-Gasteiz (2008-2016) apuesta por la valorización de materiales frente a la valorización energética. Sin embargo, considera aceptable la valorización energética para los residuos secundarios, es decir aquellos que ya han sido sometidos a operaciones de valorización, siguiendo el principio de jerarquía, y en los que la alternativa es el aprovechamiento energético o su depósito en vertedero.

En la actualidad, más del 50% de los residuos urbanos mixtos que entran en la planta de tratamiento mecánico-biológico (TMB) de Vitoria salen como rechazo, y se eliminan en el vertedero municipal. Estos rechazos están constituidos mayoritariamente por materiales con alto contenido en biomasa, siendo su PCI elevado, y presentando, por tanto, un alto potencial para su utilización, convenientemente procesados, como combustible alternativo en procesos térmicos industriales, sobre todo en hornos cementeros.

Se ha elaborado un estudio de viabilidad técnica y económica de una planta de procesado de los rechazos del tratamiento mecánico-biológico de la fracción resto de los RU en Vitoria-Gasteiz para la obtención de un combustible sólido recuperado (CSR). Se ha determinado la humedad como el factor que más afecta al diseño de una futura planta de procesado, debido a los requerimientos de los potenciales usuarios del producto. Alternativamente, se ha diseñado dos posibles líneas de tratamiento, en función del objetivo final de humedad a conseguir en el CSR.

Se ha evaluado la viabilidad económica de la planta (VAN, TIR, PRI), confirmándose la viabilidad intrínseca de proyecto en las dos alternativas estudiadas.

El estudio de viabilidad se ha elaborado en el marco de un acuerdo de colaboración entre el IDAE y el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz.

Palabras Clave: Valorización energética, combustible sólido recuperado, poder calorífico, gestión de residuos urbanos.

1. ANTECEDENTES

El objetivo a largo plazo es que la Unión Europea, UE, se convierta en una sociedad recicladora, que busca evitar la generación de residuos y los utiliza como un recurso. Así, se obtendría menos residuos con destino a vertedero, un mayor y mejor reciclaje de materiales, así como la obtención de más compost y energía recuperada de los residuos.

En la actualidad los residuos urbanos en masa de Vitoria-Gasteiz se tratan en una planta de tratamiento mecánico-biológico (TMB), situada en el polígono industrial de Jundiz. El rechazo de esta planta, que está siendo eliminado en el vertedero municipal de Gardelegi, en su mayor parte está constituido por materiales con un alto contenido en biomasa, siendo su poder calorífico elevado, presentando por tanto, a priori, un alto potencial para su utilización, convenientemente procesado, como combustible alternativo en procesos térmicos industriales.

Los combustibles alternativos producidos a partir de residuos, suelen clasificarse en dos grandes categorías: Combustibles Sólidos Recuperados (CSR) ó Combustibles Derivados de Residuos (CDR).

En la escala de jerarquía que clasifica las opciones de gestión de residuos de mayor a menor calidad ecológica, la valorización energética viene a continuación de la prevención, la reutilización y el reciclaje. En otras palabras, solo se debe valorizar energéticamente aquellos residuos que no se hayan podido evitar y que no sean ni reutilizables ni reciclables. En este caso, lo que se aprovecha no son los materiales que componen los residuos sino la energía contenida en ellos.

Uno de los factores negativos de la valorización energética se deriva de su efecto desincentivador de otras modalidades de gestión más nobles, como el reciclaje. En muchos casos la valorización energética es más cómoda y tiene más interés económico para el generador del residuo que la reutilización o el reciclaje; es claro que ello tendrá como consecuencia cierta tendencia a valorizar energéticamente residuos perfectamente reciclables o reutilizables.

El Plan de Gestión de Residuos Municipales de Vitoria-Gasteiz (2008-2016) solamente considera la valorización energética para los residuos secundarios, es decir, aquellos que ya han sido sometidos a operaciones de valorización, siguiendo el principio de jerarquía, y en los que la alternativa es o este tratamiento o su depósito en vertedero.

2. CONVENIO ENTRE EL AYUNTAMIENTO DE VITORIA-GASTEIZ E IDAE.

Para evaluar la viabilidad del posible aprovechamiento del rechazo de la planta de TMB de Jundiz para la producción de un CSR (ó en su caso un CDR) que cumpla los estándares de calidad y sea utilizable como combustible secundario en procesos industriales, el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz firmó un acuerdo de colaboración con el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, IDAE.

Los objetivos del estudio de viabilidad eran los siguientes:

Realizar un diagnóstico de la situación actual y de la previsible futura, identificando los aspectos que afectan a la viabilidad del proyecto.

Identificar las posibles ubicaciones de instalación de la planta de fabricación de Combustible Sólido Recuperado (CSR) a partir de la fracción de rechazo de TMB de los RU y diseño técnico de la misma

Calcular la inversión necesaria para la construcción de la planta y estimar los costes de explotación

Evaluar la viabilidad económica del proyecto, mediante la obtención de los indicadores de rentabilidad.

Elaborar una propuesta de plan de negocio, estudiándose distintas alternativas para llevar a cabo la inversión y la financiación.

3. COMBUSTIBLES SÓLIDOS RECUPERADOS (CSR) / COMBUSTIBLES DERIVADOS DE RESIDUOS (CDR)

Un **CSR** es un combustible sólido preparado a partir de residuos no peligrosos para ser valorizado energéticamente en plantas de incineración o co-incineración, que cumple la clasificación y especificaciones establecida en la especificación técnica CEN/TS 15359 del Comité Europeo de Normalización.

Por el contrario, los **CDR** pueden ser preparados a partir de residuos peligrosos o no peligrosos, pueden presentar un estado físico líquido o sólido, y en cualquier caso, aquellos CDR sólidos producidos a partir de residuos no peligrosos no están sometidos a la especificación técnica CEN/TS 15359.

La fracción residual de plantas de clasificación, cuyo destino suele ser actualmente su eliminación en vertederos, puede ser convertida en CSR/CDR.

Tabla 1. Principales estándares europeos relativos al CSR

REFERENCIA	TÍTULO	FECHA DE PUBLICACIÓN
CEN/TS 15357	Combustibles Sólidos Recuperados. Terminología, definiciones y descripciones	10-05-2006
CEN/TS 15358	Combustibles Sólidos Recuperados. Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos particulares para su aplicación a la producción de combustibles sólidos recuperados	10-05-2006
CEN/TS 15359	Combustibles Sólidos Recuperados. Especificaciones y clases	24-05-2006
CEN/TS 15440	Combustibles Sólidos Recuperados. Método para la determinación del contenido en biomasa	29-11-2006

4. MARCO NORMATIVO

Las principales normativas aplicables a los residuos en este ámbito son las siguientes:

Normativa básica: Directiva 2008/98/CE de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y Ley 10/1998, de 21 abril, de Residuos.

Incineración de residuos: Directiva 2000/76/CE, relativa a la incineración de residuos y Real Decreto 653/2003, sobre incineración de residuos

Prevención y control integrado de la contaminación: Directiva 96/61/CE de 24 de septiembre de 1996 relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación y Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

Derivado de esta normativa, se destaca los siguientes aspectos:

Independientemente de que el producto elaborado a partir del rechazo sea un CDR o un CSR, en ningún caso pierde su condición de **residuo no peligroso**, y por tanto los titulares de actividades en cuyo proceso se utilice como combustible alternativo, adquieren **la condición de gestores de residuos** y sus obligaciones, estando sometidos a la autorización por parte del Departamento de Medio Ambiente del Gobierno autónomo correspondiente.

Asimismo, su utilización como combustible alternativo está sometida a la **normativa de incineración** de residuos, la cual establece unos **valores límites de emisión específicos**. La norma establece dos tablas de valores límites de emisión a la atmósfera, una más restrictiva, para instalaciones de incineración, y otra menos restrictiva para las de coincineración, si bien ambos son **más restrictivos** que los que afectan a plantas industriales con procesos térmicos que utilizan combustibles convencionales.

En caso de que la instalación de incineración ó coincineración se encuentre sometida a la normativa de prevención y control integrados de la contaminación, su régimen de autorizaciones ambientales se canaliza a través de la Autorización Ambiental Integrada que determina tanto las características de los materiales a coincinerar, como los límites de emisión (los cuales se adoptan teniendo en cuenta las Mejores Tecnologías Disponibles para el sector de actividad, así como las características del ámbito geográfico en el que se ubica la instalación).

5. PERFIL DE EMPRESAS DEMANDANTES DE CSR/CDR

En el ámbito europeo, existe un importante sector industrial muy diversificado que produce y utiliza CDR/CSR a partir de residuos sólidos diversos, incluyendo cada vez más, residuos urbanos. Los principales países europeos en los que se produce y utiliza CDR a partir de residuos urbanos son Alemania, Reino Unido e Italia, siendo el principal sector demandante el cementero, aunque cada vez está tomando más peso las centrales térmicas convencionales.

En la actualidad en España no existe como tal una demanda de CSR producido bajo especificación técnica CEN-TS-15359, sino una demanda emergente y creciente de CDR que cumpla los requisitos técnicos definidos por la instalación de co-incineración de

destino y los requisitos medioambientales definidos por el Órgano Ambiental de la Comunidad Autónoma donde se ubica la instalación. Hasta ahora, dicha demanda emergente de CDR se centra principalmente en plantas cementeras

El perfil ideal tipo de una empresa demandante de CSR/CDR sería el que reúna el mayor número posible de las características recogidas en la tabla 2.

Tabla 2. Perfil de empresa demandante potencial de CSR

CRITERIO	CARACTERÍSTICA	JUSTIFICACIÓN
Tamaño	Mediana o gran empresa	Interesan los grandes consumidores, con los que poder establecer un nº suficiente de acuerdos de suministro a gran escala a medio o largo plazo.
Sector/ proceso	Proceso térmico intensivo en el consumo de recursos energéticos	Procesos industriales con alto consumo de combustibles convencionales que puedan ser sustituidos por combustibles alternativos.
Gestor de residuos	Empresa en disposición de una autorización de gestión de residuos no peligrosos	La empresa consumidora de CSR deberá obtener la autorización de gestor de residuos. Las empresas que ya disponen de ella, solamente tendrían que adaptarla a las nuevas circunstancias, pero no tendrían que someterse a una apertura de nuevo expediente ni verían reducidos significativamente sus límites de emisión, como consecuencia de la aplicación de una normativa más restrictiva.
Emisiones	Empresa afectada por el comercio de derechos de emisión de gases de efecto invernadero (GEIs)	Este grupo de empresas contaría con un incentivo económico y medioambiental adicional para el uso del CSR, dado que la fracción orgánica biodegradable del mismo computa como biomasa y por tanto, se considera neutra a efecto de emisión de GEIs. En consecuencia, los derechos de emisión ahorrados por la empresa podrían ser comercializados.
Localización	Empresa ubicada preferentemente en Álava o en la CAPV	Los CSR provienen de residuos, y su valorización energética constituye una operación de gestión, por lo cual, en general, todos los ámbitos territoriales distintos al de origen de los residuos, pueden presentar reticencias a la gestión de residuos de origen externo, aduciendo el principio de proximidad, así como un posible rechazo social.

Actualmente, en el País Vasco, las empresas que cumplen de forma simultánea todas estas características, y que por tanto se podrían considerar demandantes potenciales de un CSR producido a partir de rechazo de residuos urbanos, son las tres plantas de los dos grupos cementeros implantados en la CAPV. Las tres poseen Autorización Ambiental Integrada (AAI), que no recoge específicamente a los CSR como residuos autorizados, pero que prevé la forma de actuar para su posible autorización. También podría considerarse como demanda potencial, por proximidad geográfica, la planta

cementera de Olatzagutia, si bien, aunque posee AAI, no dispone de la condición de gestor de residuos, y además, por pertenecer a una Comunidad Autónoma diferente, se considera que presenta una barrera de índole socio-política que las plantas ubicadas en la CAPV no ofrecen.

6. ESPECIFICACIONES MÍNIMA EXIGIDAS A LOS CSR

Las características mínimas exigidas a los CSR derivan simultáneamente tanto de la aplicación de los estándares técnicos, como de los parámetros fijados en las autorizaciones ambientales integradas y en los requisitos particulares de las empresas potencialmente usuarias.

Derivadas de la Especificación Técnica CEN/TS 15359: el sistema de clasificación de CSR está basado en valores límite para tres parámetros:

Valor medio para el poder calorífico inferior (PCI)

Valor medio para el contenido en cloro

Mediana y el percentil 80% para el contenido de mercurio en relación al PCI

Tabla 3. Sistema de clasificación de los CSR según CEN/TS 15359:2006

PARÁMETRO	BASE	UNIDAD	1	2	3	4	5
PCI (valor medio)	Base húmeda	MJ/kg	≥ 25	≥ 20	≥ 15	≥ 10	≥ 3
Contenido en cloro	Base seca	% Cl	≤ 0,2	≤ 0,6	≤ 1,0	≤ 1,6	≤ 3,0
Contenido en Hg	Base húmeda	mg/MJ	≤ 0,02	≤ 0,03	≤ 0,08	≤ 0,15	≤ 0,50
Hg, (percentil 80)		mg/MJ	≤ 0,04	≤ 0,06	≤ 0,16	≤ 0,30	≤ 1,00

Impuestas por las Autorizaciones Ambientales Integradas: los parámetros limitativos para la aceptación de residuos como combustibles alternativos definidas en las AAIs de las plantas cementeras de la CAPV son los siguientes:

Tabla 4. Parámetros limitativos para la aceptación de residuos en la AAls de la plantas cementeras en la CAPV

PARÁMETRO	CRITERIO
Halógenos totales	<2%
Fluor	<0,2%
Azufre	<1% peso
PCBs y PCTs	< 50 ppm
Hg	< 10 ppm
Cd+Hg+Tl	< 100 ppm
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	< 0,5% peso
Punto de inflamación	> 38°C

Ninguna de las tres plantas cementeras dispone en la actualidad de autorización para valorizar energéticamente combustibles derivados de residuos, procedentes del tratamiento mecánico de residuos (LER 19 12 10 y 19 12 12). No obstante, los tres documentos de AAI incorporan la posibilidad de autorizar la utilización de otros tipos de residuos, previa caracterización inicial, y remisión de una propuesta de parámetros limitativos o condicionantes para la aceptación del residuo.

Requisitos particulares exigidos por las plantas cementeras: las plantas cementeras también determinan a nivel interno unas especificaciones mínimas, correspondientes a determinados parámetros considerados críticos, a efectos de asegurar un adecuado funcionamiento de la instalación y/o calidad del producto.

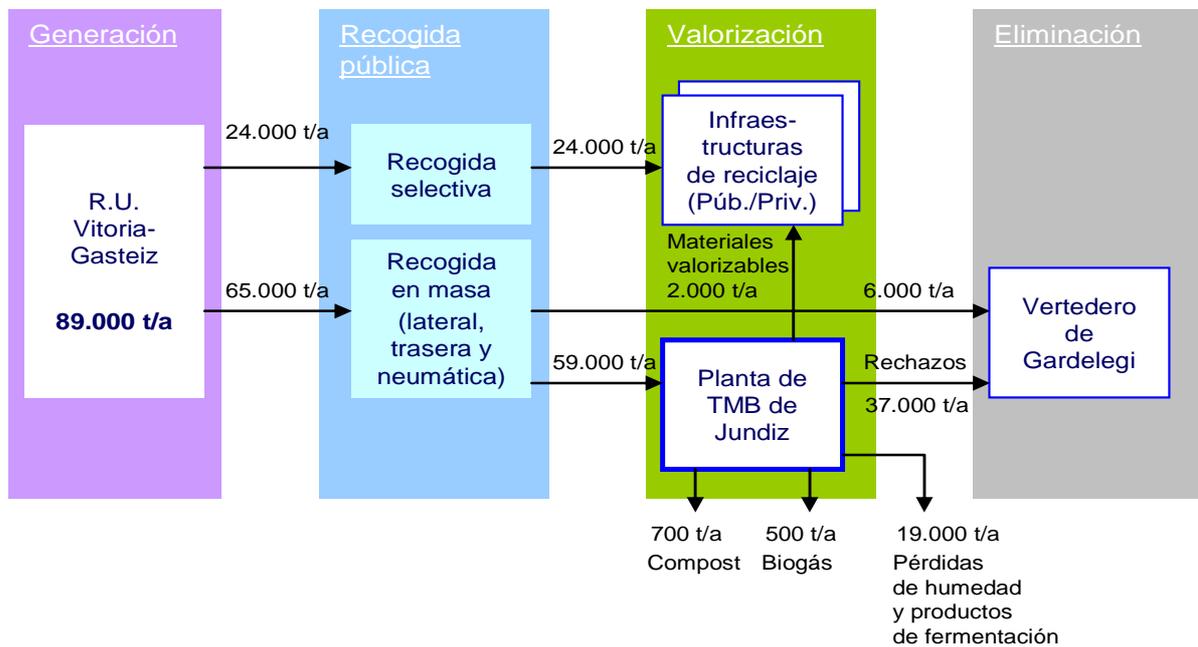
Tabla 5. Requisitos exigidos al CSR/CDR por plantas cementeras

PARÁMETROS	CEMENTERA CAPV
PCI	> 4.000 kcal/kg
Humedad relativa máxima	< 15%
Granulometría media	< 10 mm (para inyección en quemador principal) < 50 mm (para inyección en precalcinador)
Fluoruros	< 0,2% (flúor)

7. MODELO DE GESTIÓN DE RESIDUOS URBANOS EN VITORIA-GASTEIZ

El actual modelo de gestión de los residuos urbanos en Vitoria-Gasteiz se recoge en la Figura 1. En el año 2008, el 27% de los residuos se recogieron selectivamente en origen, y el 73% restante como residuos mixtos. Una parte de estos últimos fue eliminada en vertedero sin ningún tratamiento, mientras que su mayor parte, más del 65% sobre el total, fue tratada en la Planta de Tratamiento Mecánico-Biológico de Jundiz.

Figura 1. Modelo de gestión de residuos urbanos en Vitoria-Gasteiz (2008).



A corto plazo, se espera que sean tratados en la planta de TMB todos los residuos urbanos de Álava recogidos en masa, así como una parte de las recogidas privadas de residuos asimilables a urbanos. Con todos ellos, la cantidad anual de residuos a tratar en la Planta será de unas 100.000 toneladas, estando previsto obtener los siguientes resultados, considerando la mejora de rendimientos experimentada en el tratamiento:

Tabla 6. Balance de salida de la planta de TMB de Jundiz en 2012

	CANTIDAD
Materiales recuperados*	5.750 t
Biogás	5.000 t
Biorresiduo estabilizado	10.000 t
Rechazo a vertedero	52.500 t

* PET, PEAD, metales férricos y aluminio, y cartón

8. PLANTA DE TRATAMIENTO MECÁNICO-BIOLÓGICO DE JUNDIZ

Los residuos urbanos en masa recogidos en Vitoria-Gasteiz son procesados en la Planta de Tratamiento Mecánico-Biológico, ubicada en el polígono industrial de Jundiz Oeste, que está siendo explotada por la UTE Biocompost de Álava, formada por las empresas FCC y CESP. En un futuro próximo, dicha Planta tratará también los residuos urbanos recogidos en el resto de Álava.

La planta, que inició su puesta en marcha en 2007, está diseñada para una capacidad nominal de tratamiento en clasificación y triaje de 120.000 t/año.

Un tercio de la fracción orgánica separada mecánicamente es tratada por digestión anaeróbica, con obtención de biogás, y aprovechamiento del mismo para la producción de energía eléctrica, que en la actualidad cubre más del 100% del consumo eléctrico. Los dos tercios restantes son sometidos a un proceso aeróbico intensivo de fermentación en trincheras. Posteriormente, el digesto de biometanización y el material fermentado se mezclan y maduran aeróbicamente durante 8 semanas más. Finalmente, después de un proceso de afino, mediante trómel y mesa densimétrica, se obtiene un biorresiduo estabilizado, que se utiliza en recuperación paisajística o jardinería.

En el momento actual, la planta opera en régimen de explotación pre-normalizada. Una vez se alcance el régimen normal de explotación, se espera que la corriente de rechazo represente como máximo el 52,5% en peso de los residuos entrantes, dividiéndose en cuatro grandes corrientes: voluminosos, clasificación y triaje, y afino, tanto de trómel como de mesa densimétrica.

Tabla 7. Tipología de los rechazos de TMB

	<p>Rechazo del triaje primario antes de entrar a la línea de clasificación mecánica, formado principalmente por residuos voluminosos ($\approx 5\%$ s/entrada)</p>
	<p>Rechazo de las líneas de clasificación y triaje, que es embalado y constituye la principal fracción del rechazo ($\approx 29\%$ s/entrada)</p>
	<p>Rechazos del afino (trómel y mesa densimétrica) del biorresiduo estabilizado, obtenido en el tratamiento biológico de la fracción orgánica ($\approx 19\%$ s/entrada en conjunto)</p>

Las características, en cuanto a la composición, poder calorífico, humedad y contenido en ciertos elementos de cada uno de estos flujos de rechazo hacen que sean más o menos idóneos para la fabricación del CSR.

La tabla 8 recoge las características de los rechazos, así como su idoneidad para la producción de CSR. La composición por materiales y cualitativa se recoge en las tablas 9 y 10.

En la actualidad, todos estos rechazos están siendo eliminados en el vertedero municipal de Gardelegi.

Tabla 8. Características de los rechazos e idoneidad para la fabricación de CSR

RECHAZO	CARACTERÍSTICAS	CONCLUSIÓN
 VOLUMINOSO	Composición muy variable y heterogénea. Bajo contenido orgánico Alto PCI por su elevado contenido en textiles, madera y plásticos. Humedad relativamente baja pero >15%. Elevado contenido puntual de CI	Parcialmente aprovechable. Se triarán y seleccionarán para la preparación del CDR/CSR las fracciones aprovechables (maderas, textiles y plásticos)
 CLASIFICACIÓN Y TRIAJE	Composición muy variable y heterogénea. Contenido orgánico medio Alto PCI por su elevado contenido en cartón, celulosas sanitarias, y plásticos. Humedad alta (>40%).	Aprovechable en su totalidad, aunque deberá someterse a un tratamiento intenso (adecuación de tamaño de partícula, adecuación de humedad y separación de impropios)
 DE AFINO (TROMEL)	Composición variable y heterogénea. Elevado PCI por su contenido en plásticos y en materia orgánica seca y estabilizada Baja humedad, inferior al 15%.	Aprovechable en su totalidad, con un tratamiento mínimo (principalmente de adecuación del tamaño de partícula y separación de impropios)
 DE AFINO (MESA DENSIMÉTRICA)	Composición variable y heterogénea. Alto contenido en vidrio Bajo PCI	No aprovechable.

Tabla 9. Composición por fracciones de los flujos de rechazo (en base húmeda)

Composición cuantitativa		Voluminoso	CyT	Trómel Afino
	Materia orgánica	2,0%	3,6%	26,5%
	Papel-cartón	1,6%	22,6%	5,4%
	Celulosa sanitaria	0,2%	11,3%	1,4%
	Plásticos	14,4%	25,9%	34,0%
	Brick	0,06%	3,0%	
	Madera	12,5%	3,8%	0,0%
	Cueros y textiles	50,0%	15,9%	4,1%
	Cauchos y gomas	1,6%	0,1%	0,0%
	Vidrio	0,2%	0,0%	10,1%
	Metales férricos	1,5%	3,1%	1,6%
	Metales no férricos		0,4%	1,1%
	Peligrosos del hogar	0,0%	0,1%	0,2%
	Voluminosos (RAEEs p)	7,6%	0,9%	0,0%
	Inertes	3,4%	0,9%	5,2%
	Otros	5,0%	8,3%	10,4%

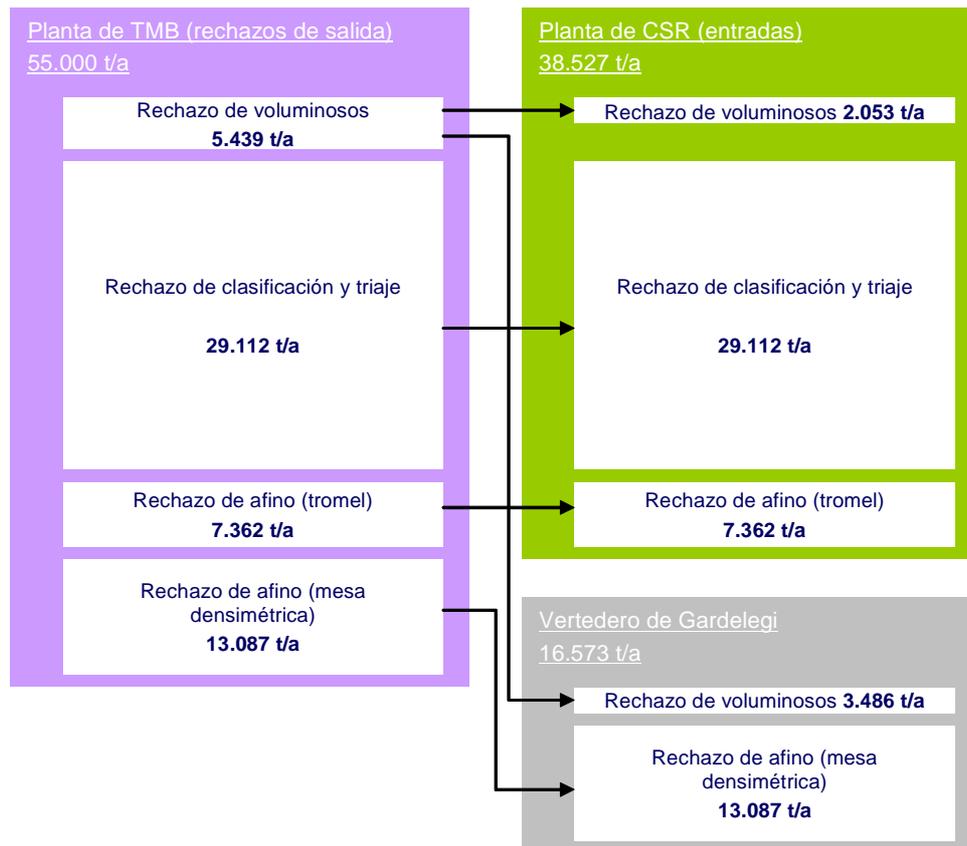
Tabla 10. Composición cualitativa (en base seca)

Composición cualitativa		Voluminoso	CyT	Trómel Afino
	Humedad (%)	21	48	13
	PCI (valor medio) (kcal/kg)	4.125	3.900	4.120
	C%	44,5	40	36,6
	Cloro (ppm)	1.950	7.500	1.710
	Hg (mg/kg ms)	0,13	0,14	0,70
	Cd (mg/kg ms)	< 0,1	0,2	1,0
Pb (mg/kg ms)	20	23	44,5	

9. DISEÑO DE UNA PLANTA DE FABRICACIÓN DE CSR

A partir de los datos anteriores, se obtiene la contribución de las diferentes fracciones de rechazo a la fabricación de CSR, como puede observarse en la figura siguiente.

Fig. 2. Contribución de las fracciones de rechazo a la fabricación de CSR



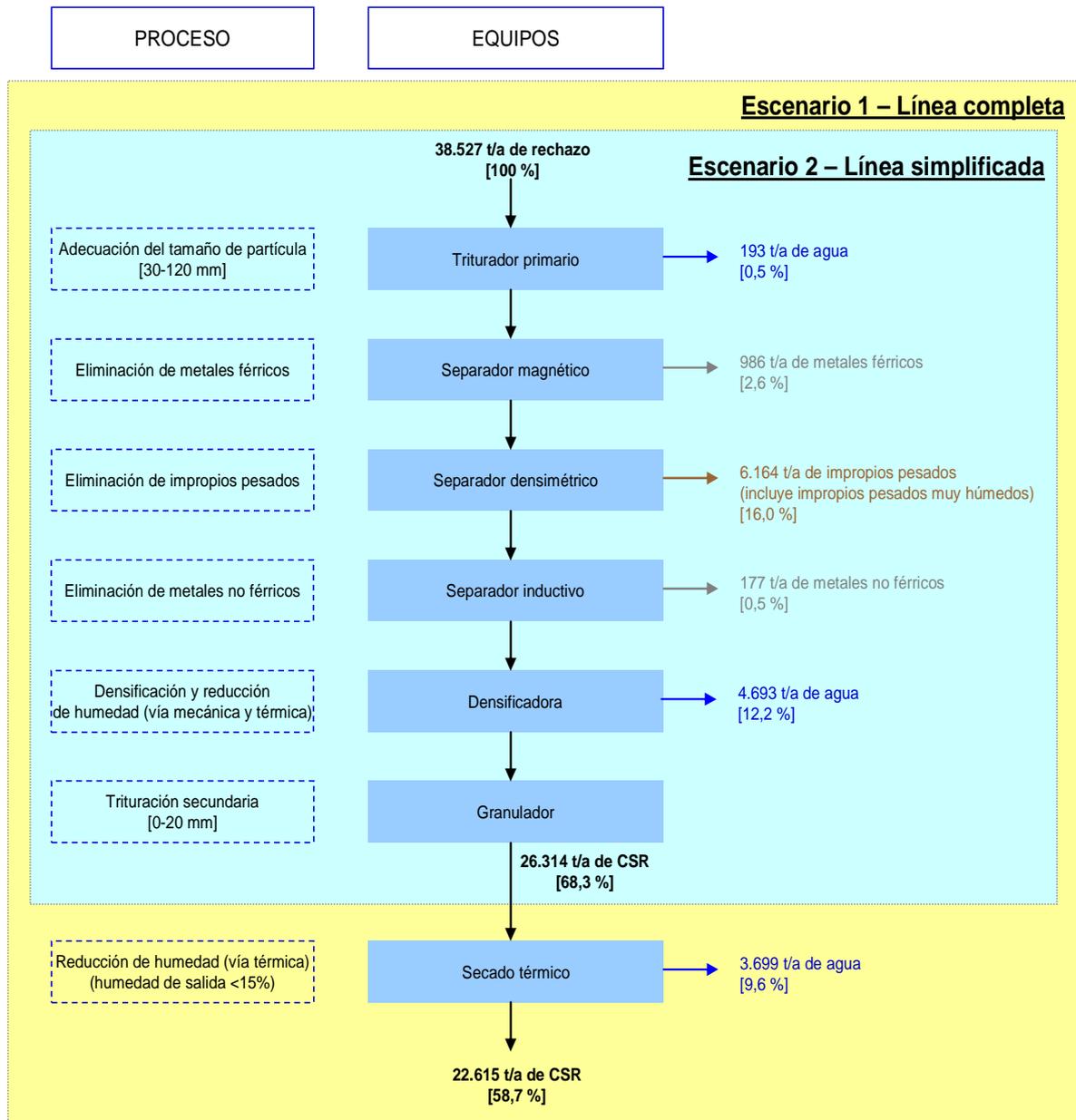
El parámetro de diseño de tratamiento para la fabricación de CSR a partir de rechazos de la planta de TMB de Jundiz que se ha revelado como más determinante ha sido el de la humedad final del producto.

Como ya se ha señalado, el valor de dicho parámetro especificado por la industria cementera, en tanto que demandante potencial del producto, se sitúa en el 15% de humedad máxima. Para conseguir un producto que cumpla con garantías este requisito, se ha diseñado una línea completa de tratamiento susceptible de proporcionar dicho nivel de humedad final (Escenario 1).

No obstante, también se ha considerado interesante evaluar otro escenario alternativo simplificado (Escenario 2), de menor coste de inversión y de explotación, en el que se produciría un CSR con una humedad, a priori, previsiblemente superior al citado 15%. Obviamente, este escenario implica un grado de incertidumbre mayor, en lo que se

refiere al grado de aceptabilidad del material por parte del sector cementero, y a las implicaciones que pueda suponer en el precio de venta.

Fig. 3. Diagrama de flujo de proceso y balance de masas



La línea de tratamiento para obtener un material con una humedad inferior al 15% consta de los siguientes procesos (Fig. 3):

Reducción de tamaño de partícula: debido a la heterogeneidad de los materiales entrantes, y muy especialmente en lo que respecta a la corriente de rechazos de voluminosos, se hace necesario acometer la reducción del tamaño de partícula en dos fases:

trituration primaria, en torno a 120 mm, mediante triturador
trituration secundaria, con un tamaño de partícula < 20 mm, mediante molino.

Separación de impropios: sus niveles de concentración y el estado actual de la tecnología, justifican la implantación de tres equipos automáticos: un separador magnético para la eliminación de metales férricos, un separador de Foucault para metales no férricos, y un equipo de separación densimétrica para eliminar la fracción pesada impropia (cerámicos, vidrio, etc.) de la fracción interesante para el proceso (textil, cartón, celulosa, plástico, etc.). Además también se canaliza a través de la fracción rechazo de este equipo aquellos materiales que aún siendo ligeros, su alto contenido en humedad (celulosas sanitarias, cartones y textiles húmedos, etc.) les confiere una naturaleza pesada. Este proceso se refuerza, en diversos puntos de la planta, mediante selección manual, muy especialmente en cabeza de tratamiento, en lo que atañe a la corriente de rechazos de voluminosos.

Densificación: para reducir los costes de inversión en el secado térmico y en las fases posteriores de almacenamiento y transporte, el material será densificado previamente al secado térmico para aumentar su densidad desde 80 kg/m³ hasta los 600 kg/m³ aproximadamente, mediante máquina densificadora.

Estabilización de la materia orgánica y reducción de la humedad: se ha seleccionado el secado térmico como tecnología capaz de reducir la humedad de los rechazos (en torno al 40% una vez mezcladas las corrientes), a los niveles adecuados (< 15%), así como estabilizar térmicamente la materia orgánica del rechazo de clasificación y triaje. Inicialmente, la totalidad de la energía necesaria para el secado térmico se proporcionaría a través de un sistema de cogeneración propio con GN.

En el caso de la línea simplificada, se instalaría todos los procesos anteriores, con la excepción del secado térmico, al igual que el sistema de cogeneración. En estas condiciones, la humedad máxima esperada para el producto final se sitúa en el 27%.

10. ESTUDIO DE COSTES

La Tabla 11 recoge los costes asociados a la instalación de la planta de fabricación de CSR en los dos escenarios señalados.

Tabla 11. Costes de inversión y explotación de la planta (sin IVA)

	ESCENARIO 1		ESCENARIO 2	
	Total	Unitario	Total	Unitario
INVERSIÓN (año 0)	€	€/ t CSR (20 años)	€	€/ t CSR (20 años)
Total	5.847.300	13	3.952.950	8
Línea de tratamiento y equipos	4.920.000	11	3.400.000	6

	ESCENARIO 1		ESCENARIO 2	
	Total	Unitario	Total	Unitario
Obra civil e instalaciones	420.000	1	210.000	0
Varios e imprevistos	507.300	1	342.950	1
EXPLOTACIÓN ANUAL	€/año	€/ t CSR	€/año	€/ t CSR
Ingresos de explotación	1.422.882	63	827.135	31
Venta de CSR	559.391	25	558.987	21
Venta de electricidad (cogeneración)	595.343	26	0	0
Venta de metales recuperados	268.148	12	268.148	10
Gastos de explotación	1.831.084	81	1.134.775	43
Amortizaciones de inmovilizado	269.238	12	182.938	7
Mano de obra	210.000	9	156.000	6
Suministros y aprovisionamiento	898.383	40	481.774	18
Repuestos y mantenimiento	235.000	10	95.600	4
Transporte y eliminación rechazos	218.464	10	218.464	8
Ahorros inducidos (transporte y eliminación de rechazos procesados)	1.365.397	60	1.365.397	52

11. ESTUDIO DE VIABILIDAD ECONÓMICA

A partir de estos datos, se ha evaluado la viabilidad económica de la planta de producción de CSR, aplicando la metodología clásica basada en el cálculo de los habituales indicadores de rentabilidad (Valor Actual Neto, VAN, Tasa Interna de Retorno, TIR, y pay-back o Periodo de Recuperación de la Inversión, PRI). Con la metodología utilizada se ha evaluado la rentabilidad intrínseca de la inversión, es decir sin tener en cuenta los costes financieros.

Del estudio económico realizado se desprende que todos los indicadores de rentabilidad calculados arrojan resultados positivos, confirmando la viabilidad intrínseca del proyecto en los dos Escenarios estudiados.

Tabla 12. Indicadores de rentabilidad de la inversión

INDICADORES	ESCENARIO 1	ESCENARIO 2
Pay-back (años)	5	4
VAN (€)	5.849.039	7.880.296
TIR (%)	19,5	30,5

Esto es así, a pesar de que el balance de los resultados de explotación del negocio, estrictamente considerados, son negativos (-18 €/t CSR producido en el Escenario 1 y -12 €/t CSR producido en el Escenario 2), debido a que los costes anuales unitarios de explotación de la planta superan a los ingresos anuales de explotación, en ambos escenarios.

No obstante, también han sido incorporados al cálculo de los flujos de caja, como ingresos, los costes evitados por la entrada en funcionamiento de la planta de CSR, que corresponderían a los actuales costes de eliminación de los rechazos en el vertedero, así como sus costes de transporte (los cuales ascenderían a 63 €/t de CSR producido en el Escenario 1 y a 52 €/t de CSR producido en el Escenario 2).

En estas circunstancias, el balance global anual neto de explotación de la planta resulta positivo, lo que permite recuperar la inversión inicial en 5 y 4 años, respectivamente.

12. CONCLUSIONES

La producción de CSR/CDR debe verse como un componente estratégico de la política integrada de gestión de residuos, así como parte de las estrategias energéticas y de lucha contra el cambio climático, a nivel local.

Existe una demanda potencial de CSR en la CAPV, con 3 plantas cementeras con AAI, que incluye autorización de gestión de residuos.

Los rechazos de la planta de tratamiento mecánico-biológico de Jundiz (Vitoria-Gasteiz) presentan unas características que posibilitan su transformación en un combustible secundario, pudiendo obtenerse un CSR bajo norma.

La preparación de un CDR/CSR a partir de esos rechazos requiere someterlos básicamente a tratamientos para adecuar y texturizar el tamaño de las partículas, eliminar impropios de diversa naturaleza y reducir su humedad. De las especificaciones que se soliciten al material de salida dependerá el tipo de alternativas tecnológicas a utilizar.

Todos los indicadores de rentabilidad calculados (VAN, TIR, PRI) arrojan resultados positivos, confirmando la viabilidad intrínseca del proyecto. En cualquier caso, los factores que van a marcar en el futuro la viabilidad de la planta son los precios de la energía, sobre todo el precio del coque, y el canon de vertido del rechazo de TMB.

La producción de CSR, con una humedad inferior al 15%, en la planta de TMB de Vitoria, es altamente demandante de energía, en buena parte debido al secado térmico previsto. Este hecho, con trascendencia económica y ambiental, hace que haya que plantear alternativas más sostenibles a la implantación del secado térmico, como podrían ser las siguientes:

Utilizar el excedente térmico de una planta de generación eléctrica con biomasa que se pretende instalar en las cercanías para cubrir las necesidades energéticas del secado térmico.

Evaluar la posibilidad de conseguir a la salida de la extrusora un material con humedad menor del 15%

Realizar la etapa de secado ex situ, en las plantas industriales de los usuarios finales, aprovechando sus excedentes de calor.

Producir finalmente un CDR, con humedad superior al 15%.



CONAMA10

CONGRESO NACIONAL
DEL MEDIO AMBIENTE

13. REFERENCIAS

Directiva 2008/98/CE de 19 de noviembre de 2008 sobre los residuos y Ley 10/1998, de 21 abril, de Residuos.

Directiva 2000/76/CE, relativa a la incineración de residuos y Real Decreto 653/2003, sobre incineración de residuos

Directiva 96/61/CE de 24 de septiembre de 1996 relativa a la prevención y al control integrado de la contaminación y Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación.

Plan Integral de Gestión de Residuos Municipales de Vitoria-Gasteiz (2008-2016)

Convenio específico de colaboración entre IDAE y el Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz para el estudio de viabilidad de una planta de procesado de los rechazos del tratamiento mecánico-biológico de los residuos sólidos urbanos para la obtención de un combustible sólido recuperado. 2009.

Estudio de viabilidad de una planta de procesado de los rechazos del tratamiento mecánico-biológico de los residuos urbanos para la obtención de un combustible sólido recuperado. Idom. 2010.